

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): SHIMIZU, Mikio
Serial No.: Not yet assigned
Filed: January 13, 2004
Title: METHOD OF MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE
Group: Not yet assigned

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

January 13, 2004

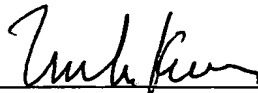
Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on Japanese Patent Application No.(s) 2003-23151, filed January 31, 2003.

A certified copy of said Japanese Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP



Melvin Kraus
Registration No. 22,466

MK/alb
Attachment
(703) 312-6600

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 1月31日
Date of Application:

出願番号 特願2003-023151
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2003-023151]

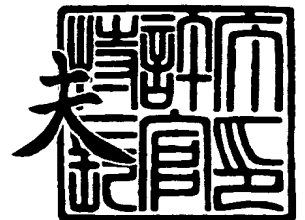
出願人 トレセンティテクノロジーズ株式会社
Applicant(s):



2003年10月27日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3088633

【書類名】	特許願
【整理番号】	H02018571
【提出日】	平成15年 1月31日
【あて先】	特許庁長官殿
【国際特許分類】	H01L 21/324
【発明者】	
【住所又は居所】	茨城県ひたちなか市堀口751番地 トレセンティテクノロジーズ株式会社内
【氏名】	清水 幹郎
【特許出願人】	
【識別番号】	500495256
【氏名又は名称】	トレセンティテクノロジーズ株式会社
【代理人】	
【識別番号】	100080001
【弁理士】	
【氏名又は名称】	筒井 大和
【電話番号】	03-3366-0787
【手数料の表示】	
【予納台帳番号】	006909
【納付金額】	21,000円
【提出物件の目録】	
【物件名】	明細書 1
【物件名】	図面 1
【物件名】	要約書 1
【プルーフの要否】	要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 昇温過程と、最終所定温度を所定時間保持するメイン処理過程と、降温過程とからなる熱処理を枚葉式装置を用いて半導体ウエハに施す半導体装置の製造方法であって、

オープンループ制御を行う過程では、相対的に低い回転数で前記半導体ウエハを回転させ、クローズドループ制御を行う過程では、相対的に高い回転数で前記半導体ウエハを回転させることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載の半導体装置の製造方法において、前記オープンループ制御は、前記半導体ウエハの温度が相対的に低い前記昇温過程において行われることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 3】 請求項 1 記載の半導体装置の製造方法において、前記クローズドループ制御は、前記半導体ウエハの温度が相対的に高い前記昇温過程およびメイン処理過程において行われることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 4】 請求項 1 記載の半導体装置の製造方法であって、前記オープンループ制御を行う過程での前記半導体ウエハの回転数は 1 0 0 r p m 以下であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 5】 請求項 1 記載の半導体装置の製造方法において、前記オープンループ制御を行う過程では、一定の第 1 の回転数で前記半導体ウエハを回転させ、前記クローズドループ制御を行う過程では、前記第 1 の回転数とは異なる一定の第 2 の回転数で前記半導体ウエハを回転させることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 6】 請求項 5 記載の半導体装置の製造方法において、2 0 0 mm 径以下の前記半導体ウエハにおいて、前記オープンループ制御を行う過程での前記半導体ウエハの回転数は 1 0 0 r p m 以下、前記クローズドループ制御を行う過程での前記半導体ウエハの回転数は 1 5 0 ～ 2 5 0 r p m であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 7】 請求項 5 記載の半導体装置の製造方法において、3 0 0 mm

径以上の前記半導体ウエハにおいて、前記オープンループ制御を行う過程での前記半導体ウエハの回転数は100rpm以下、前記クローズドループ制御を行う過程での前記半導体ウエハの回転数は200～300rpmであることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項8】 請求項1記載の半導体装置の製造方法において、前記オープンループ制御を行う過程では、一定の回転数で前記半導体ウエハを回転させ、前記クローズドループ制御を行う過程では、回転数を徐々に上げて前記半導体ウエハを回転させることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項9】 請求項1記載の半導体装置の製造方法において、前記オープンループ制御を行う過程では、回転数を徐々に上げて前記半導体ウエハを回転させ、前記クローズドループ制御を行う過程では、一定の回転数で前記半導体ウエハを回転させることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項10】 請求項1記載の半導体装置の製造方法において、前記オープンループ制御を行う過程および前記クローズドループ制御が行われる過程では、それぞれ回転数を徐々に上げて前記半導体ウエハを回転させることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項11】 昇温過程と、最終所定温度を所定時間保持するメイン処理過程と、降温過程とからなる熱処理を枚葉式装置を用いて半導体ウエハに施す半導体装置の製造方法であって、

前記半導体ウエハの温度が500℃以下の前記昇温過程では、相対的に低い回転数で前記半導体ウエハを回転させ、前記半導体ウエハの温度が500℃を越える前記昇温過程および前記メイン処理過程では、相対的に高い回転数で前記半導体ウエハを回転させることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項12】 請求項11記載の半導体装置の製造方法であって、前記半導体ウエハの温度が500℃以下の前記昇温過程での前記半導体ウエハの回転数は100rpm以下であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項13】 請求項11記載の半導体装置の製造方法において、前記半導体ウエハの温度が500℃以下の前記昇温過程では、一定の第1の回転数で前記半導体ウエハを回転させ、前記半導体ウエハの温度が500℃を越える前記昇

温過程および前記メイン処理過程では、前記第1の回転数とは異なる一定の第2の回転数で前記半導体ウエハを回転させることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項14】 請求項13記載の半導体装置の製造方法において、200mm径以下の前記半導体ウエハにおいて、前記半導体ウエハの温度が500℃以下の前記昇温過程での前記半導体ウエハの回転数は100rpm以下、前記半導体ウエハの温度が500℃を越える前記昇温過程および前記メイン処理過程での前記半導体ウエハの回転数は150～250rpmであることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項15】 請求項13記載の半導体装置の製造方法において、300mm径以上の前記半導体ウエハにおいて、前記半導体ウエハの温度が500℃以下の前記昇温過程での前記半導体ウエハの回転数は100rpm以下、前記半導体ウエハの温度が500℃を越える前記昇温過程および前記メイン処理過程での前記半導体ウエハの回転数は200～300rpmであることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項16】 請求項11記載の半導体装置の製造方法において、前記半導体ウエハの温度が500℃以下の前記昇温過程では、一定の回転数で前記半導体ウエハを回転させ、前記半導体ウエハの温度が500℃を越える前記昇温過程では、回転数を徐々に上げて前記半導体ウエハを回転させることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項17】 請求項11記載の半導体装置の製造方法において、前記半導体ウエハの温度が500℃以下の前記昇温過程では、回転数を徐々に上げて前記半導体ウエハを回転させ、前記半導体ウエハの温度が500℃を越える前記昇温過程および前記メイン処理過程では、一定の回転数で前記半導体ウエハを回転させることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項18】 請求項11記載の半導体装置の製造方法において、前記半導体ウエハの温度が500℃以下の前記昇温過程および前記半導体ウエハの温度が500℃を越える前記昇温過程では、それぞれ前記半導体ウエハの回転数を徐々に上げて前記半導体ウエハを回転させることを特徴とする半導体装置の製造方

法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置の製造技術に関し、特に、R T P (Rapid Thermal Processing) を採用した半導体ウエハの熱処理工程に適用して有効な技術に関する。

【0 0 0 2】

【従来技術】

半導体装置の最小デザインルールの縮小に伴い、例えば $0.1 \mu\text{m}$ 以下の浅い接合の形成が要求されている。浅い接合は、より低い加速エネルギーで基板に浅く不純物をイオン注入することによって形成できるが、イオン注入後に、イオン注入された不純物を格子点に再配列させて活性化するまたはイオン注入により生じた結晶損傷を回復するなどのために、基板に熱処理を施す必要がある。

【0 0 0 3】

このため、相対的にゆっくりと温度を上げ下げするバッチ式熱処理装置に代わり、昇温速度を毎秒 10°C 以上とすることのできる枚葉式 R T P 装置を用いた熱処理によって、イオン注入と熱処理とによる浅い接合を形成している。現在枚葉式 R T P 装置を用いた熱処理は、この浅い接合を形成する工程以外の工程でも行われており、今後半導体製造工程において多用されると考えられる。

【0 0 0 4】

枚葉式 R T P 装置では、半導体ウエハの面内温度の均一性を図るために、熱処理方法または装置に様々な工夫がなされている。例えば、放射温度計の測温位置をウエハの外周部かつウエハの半径の 70% 以上離れた部分の複数の異なった位置とするとともに、複数の測定点間の温度差が昇温過程および高温保持時に 5°C 以内であるように加熱する方法および装置が開示されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0 0 0 5】

【特許文献 1】

特開平 6 - 2 6 0 4 2 6 号公報

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

本発明者は、加熱源にハロゲンランプを備えた枚葉式 RTP 装置を用いて、直径が 300 mm（以下、300 mm 径と記す）の半導体ウエハに昇温過程、最終所定温度を所定時間保持するメイン処理過程および降温過程からなる熱処理を施す方法について検討した。

【0007】

半導体ウエハの温度が 400℃以下の温度領域では、半導体ウエハを構成するシリコン単結晶の光の吸収が 1～5 μ m 程度の波長領域で相対的に弱くなるため、0.8～2.5 μ m 程度の検出波長を有する放射温度計が外乱光、例えば約 1 μ m をピークとした赤外領域に分布する波長を有するハロゲンランプ光を検知し、半導体ウエハの温度を正確にモニタできないという問題が生ずる。

【0008】

そこで、半導体ウエハの温度が 500℃以下の昇温過程では、予めランプパワーを設定して半導体ウエハを加熱する、いわゆるオープンループ制御を採用した。その後半導体ウエハの温度が約 500℃となった時点で、放射温度計を用いて半導体ウエハの温度をモニタし、その結果をランプパワーにフィードバックさせて半導体ウエハの温度を制御する、いわゆるクローズドループ制御に切り換えて 500℃を越える昇温と、メイン処理とを行っている。

【0009】

しかしながら、熱処理中は、半導体ウエハを回転させて半導体ウエハの面内温度の均一性を確保しているため、半導体ウエハに反りが生じた場合は、熱処理中に半導体ウエハが装置のステージから逸脱して半導体ウエハが割れることがある。

【0010】

300 mm 径の半導体ウエハは、昇温中の面内温度が不均一となりやすく、200 mm 径以下の半導体ウエハと比べて半導体ウエハの反り量の絶対値が大きくなる。またオープンループ制御を行う 500℃以下の昇温過程では、クローズドループ制御を行う 500℃を越える昇温過程およびメイン処理過程と比べて半導

体ウエハの面内温度が不均一となりやすい。

【0 0 1 1】

このため 3 0 0 mm 径の半導体ウエハを熱処理する場合、特にオープンループ制御を行う 5 0 0 ℃ 以下の昇温過程において、半導体ウエハの反りに起因した半導体ウエハの割れの問題は顕著となる。

【0 0 1 2】

5 0 0 ℃ 以下の昇温過程において、半導体製品の品種、工程毎に最適なハロゲンランプのランプパワーを設定することも可能ではあるが、膨大な作業が必要となる。また半導体ウエハ上に堆積される膜の厚さまたはイオン注入された不純物の濃度などの仕様が異なる半導体ウエハが混入した場合には、ハロゲンランプ光の吸収の違いから面内温度が不均一となり、半導体ウエハに反りが生じてしまう。

【0 0 1 3】

本発明の目的は、枚葉式 R T P 装置において半導体ウエハの割れを防止することのできる技術を提供することにある。

【0 0 1 4】

本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【0 0 1 5】

【課題を解決するための手段】

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

【0 0 1 6】

本発明は、昇温過程と、最終所定温度を所定時間保持するメイン処理過程と、降温過程とからなる熱処理を枚葉式装置を用いて半導体ウエハに施す半導体装置の製造方法であって、オープンループ制御を行う過程では、相対的に低い回転数で半導体ウエハを回転させ、クローズドループ制御を行う過程では、相対的に高い回転数で半導体ウエハを回転させるものである。

【0 0 1 7】

本発明は、昇温過程と、最終所定温度を所定時間保持するメイン処理過程と、降温過程とからなる熱処理を枚葉式装置を用いて半導体ウエハに施す半導体装置の製造方法であって、半導体ウエハの温度が500℃以下の前記昇温過程では、相対的に低い回転数で半導体ウエハを回転し、半導体ウエハの温度が500℃を越える昇温過程およびメイン処理過程では、相対的に高い回転数で半導体ウエハを回転させるものである。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一の機能を有する部材には同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

【0019】

(実施の形態1)

本発明の実施の形態1である枚葉式RTP装置を用いた熱処理方法を図1～図3を用いて説明する。図1は、熱処理の過程を示す工程図、図2は、熱処理時の半導体ウエハの温度および回転数の時間変化を示すグラフ図、図3は、熱処理の昇温過程およびメイン処理過程における半導体ウエハの反りを示す模式図である。本実施の形態1では、熱処理は昇温過程、所定温度を所定時間保持するメイン処理過程および降温過程とからなり、メイン処理の温度を1000℃、時間を20秒とした。

【0020】

図示は省略するが、枚葉式RTP装置には、加熱源として約1μmをピークとした赤外線領域に分布する波長を有するハロゲンランプが備わっており、ハロゲンランプのランプパワーの設定条件を変えることによって、半導体ウエハ1Wの温度を調整することができる。また枚葉式RTP装置は、半導体ウエハ1Wの面内温度の均一性を向上するために、熱処理中に半導体ウエハ1Wを回転させる機能を備えている。

【0021】

まず、半導体ウエハ1Wを枚葉式RTP装置のチャンバ内に挿入し、ステージ

23上に載置した後（図1の工程101）、半導体ウエハ1Wを相対的に低い回転数、例えば100rpm以下（図2では100rpm）で回転させる（図1の工程102）。ここでは、図3（a）に示すように、半導体ウエハ1Wに反りは生じない。次に、オープンループ制御によって半導体ウエハ1Wの温度を約500℃まで、例えば25℃/sec程度の昇温速度で昇温する（図1の工程103、図2のSTEP1）。

【0022】

半導体ウエハ1Wの温度が500℃以下の昇温過程では、放射温度計が外乱光、例えばハロゲンランプ光を検知してしまい、半導体ウエハ1Wの温度を正確にモニタできないため、予めハロゲンランプのランプパワーを設定しておき、この設定されたランプパワーに従って半導体ウエハ1Wを加熱するオープンループ制御を用いる。このため、半導体ウエハ1Wに面内温度差（放射温度計において測定された温度の最大差）が生じやすい。しかし、半導体ウエハ1Wの回転数を相対的に低くすることにより、図3（b）に示すように、半導体ウエハ1Wに反りが生じても、回転数が低いために半導体ウエハ1Wに作用する遠心力が小さくなる。従って、半導体ウエハ1Wはステージ23から飛び出さずに500℃以下の昇温過程を終了するので、半導体ウエハ1Wの割れを防ぐことができる。

【0023】

その後、半導体ウエハ1Wの温度が約500℃となった時点で、半導体ウエハ1Wを相対的に高い回転数、例えば150rpm以上（図2では240rpm）で回転させると同時に（図1の工程104）、クローズドループ制御に切り換えて半導体ウエハ1Wをさらにメイン処理の温度である1000℃まで昇温する（図1の工程105、図2のSTEP2）。続いて1000℃の温度で20秒間のメイン処理を半導体ウエハ1Wに施す（図1の工程106、図2のSTEP3）。

【0024】

半導体ウエハ1Wの温度が500℃を越える昇温過程および1000℃のメイン処理過程では、放射温度計を用いて半導体ウエハ1Wの温度を測定し、その結果をハロゲンランプのランプパワーにフィードバックすることによって、半導体ウエハ1Wの温度制御を行うクローズドループ制御を用いる。さらに半導体ウエ

ハ1Wの回転数を相対的に高くすることにより、ほぼ均一な半導体ウエハ1Wの面内温度を得ることができるので、図3(c)に示すように、半導体ウエハ1Wにはほとんど反りが生じない。従って半導体ウエハ1Wはステージ23から飛び出さず、半導体ウエハ1Wの割れを防ぐことができる。

【0025】

次に、所定のメイン処理を半導体ウエハ1Wに施した後、半導体ウエハ1Wを150rpm以上(図2では240rpm)で回転させたままハロゲンランプのランプパワーを切り、半導体ウエハ1Wを降温する(図1の工程107、図2のSTEP4)。半導体ウエハ1Wの温度が、例えば150～200℃程度となった時点で、半導体ウエハ1Wの回転を止めて、枚葉式RTP装置のチャンバ内から半導体ウエハ1Wを取り出す。

【0026】

半導体ウエハ1Wの回転時における遠心力は、半導体ウエハ1Wの径によって異なるため、半導体ウエハ1Wの回転数は半導体ウエハ1Wの径によって異なる。表1に、200mm径以下および300mm径以上の半導体ウエハ1Wの回転数をまとめる。

【0027】

【表1】

表 1

半導体ウエハの直径 半導体ウエハの温度	Φ200mm以下	Φ300mm以上
	100rpm以下	100rpm以下
500℃以下の温度	100rpm以下	100rpm以下
500℃を越える温度	150～250rpm	200～300rpm

【0028】

2 0 0 mm径以下の半導体ウエハでは、5 0 0 ℃以下の温度での回転数は1 0 0 r p m以下、5 0 0 ℃を越える温度での回転数は1 5 0 ～2 5 0 r p m、また3 0 0 mm径以上の半導体ウエハでは、5 0 0 ℃以下の温度での回転数は1 0 0 r p m以下、5 0 0 ℃を越える温度での回転数は2 0 0 ～3 0 0 r p mとすることが好ましい。

【0 0 2 9】

次に、本発明をCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) デバイスの製造方法に適用した一例を図4～図8に示す半導体基板の要部断面図を用いて説明する。

【0 0 3 0】

まず、図4に示すように、例えばp型のシリコン単結晶からなる半導体基板1を用意する。半導体基板1は、例えば3 0 0 mm径の円形の薄い板状に加工された半導体ウエハである。次に、素子分離領域の半導体基板1に素子分離溝を形成した後、半導体基板1上にCVD (Chemical Vapor Deposition) 法で堆積したシリコン酸化膜をエッチバックまたはCMP (Chemical Mechanical Polishing) 法で研磨して、素子分離溝の内部にシリコン酸化膜を残すことにより素子分離部2を形成する。

【0 0 3 1】

次に、レジストパターンをマスクとして半導体基板1に不純物をイオン注入し、pウェル3およびnウェル4を形成する。pウェル3にはp型の導電型を示す不純物、例えばボロンをイオン注入し、nウェル4にはn型の導電型を示す不純物、例えばリンをイオン注入する。この後、各ウェル領域にMISFET (Metal Insulator Semiconductor Field Effect Transistor) のしきい値を制御するための不純物をイオン注入してもよい。

【0 0 3 2】

次に、枚葉式RTP装置を用いて、ゲート絶縁膜5となる厚さ2 nm程度のシリコン酸化膜を半導体基板1の表面に形成する。

【0 0 3 3】

まず、図示しない枚葉式RTP装置のチャンバ内に半導体基板1を挿入し、ス

ページ上に載置した後、半導体基板1の回転数を100rpmとしたオープンループ制御によって半導体基板1を500℃程度まで昇温する。半導体基板1の温度が約500℃となった時点で、半導体基板1の回転数を240rpmとすると同時にクローズドループ制御に切り換えて半導体基板1をさらに900℃まで昇温し、900℃の温度で所定時間の熱酸化処理を半導体基板1に施す。その後半導体基板1を降温して、枚葉式RTP装置のチャンバ内から半導体基板1を取り出す。

【0034】

次に、図5に示すように、シリコン多結晶膜およびシリコン酸化膜を順次堆積して積層膜を形成した後、レジストパターンをマスクとして上記積層膜をエッチングして、シリコン多結晶膜からなるゲート電極6およびシリコン酸化膜からなるキャップ絶縁膜7を形成する。

【0035】

次に、pウェル3にn型の導電性を示す不純物、例えばヒ素をイオン注入し、pウェル3上のゲート電極6の両側にn型拡張領域8aを形成する。n型拡張領域8aは、ゲート電極6に対して自己整合的に形成される。同様に、nウェル4にp型の導電性を示す不純物、例えばフッ化ボロンをイオン注入し、nウェル4上のゲート電極6の両側にp型拡張領域9aを形成する。p型拡張領域9aは、ゲート電極6に対して自己整合的に形成される。

【0036】

その後、半導体基板1上にCVD法でシリコン酸化膜を堆積した後、このシリコン酸化膜を異方性エッチングすることにより、ゲート電極6の側壁にサイドウォールスペーサ10を形成する。

【0037】

次に、pウェル3にn型の導電性を示す不純物、例えばヒ素をイオン注入し、pウェル3上のゲート電極6の両側にn型拡散領域8bを形成する。n型拡散領域8bは、ゲート電極6およびサイドウォールスペーサ10に対して自己整合的に形成され、n型拡張領域8aおよびn型拡散領域8bからなるn型半導体領域8は、nチャネルMISFETQnのソース・ドレインとして機能する。

【0038】

同様に、n ウェル 4 に p 型の導電性を示す不純物、例えばフッ化ボロンをイオン注入し、n ウェル 4 上のゲート電極 6 の両側に p 型拡散領域 9 b を形成する。p 型拡散領域 9 b は、ゲート電極 6 およびサイドウォールスペーサ 10 に対して自己整合的に形成され、p 型拡張領域 9 a および p 型拡散領域 9 b からなる p 型半導体領域 9 は、p チャネル MISFET Q_p のソース・ドレインとして機能する。

【0039】

次に、枚葉式 RTP 装置を用いて、半導体基板 1 にイオン打ち込みされた不純物の活性化のための熱処理を半導体基板 1 に施す。

【0040】

まず、枚葉式 RTP 装置のチャンバ内に半導体基板 1 を挿入し、ステージ上に載置した後、半導体基板 1 の回転数を 100 rpm としたオープンループ制御によって半導体基板 1 を 500℃ 程度まで昇温する。半導体基板 1 の温度が約 500℃ となった時点で、半導体基板 1 の回転数を 240 rpm とすると同時にクローズドループ制御に切り換えて半導体基板 1 をさらに 1000℃ まで昇温し、1000℃ の温度で所定時間の熱処理を半導体基板 1 に施す。その後半導体基板 1 を降温して、枚葉式 RTP 装置のチャンバ内から半導体基板 1 を取り出す。

【0041】

次に、図 6 に示すように、半導体基板 1 上に 10～20 nm 程度の厚さのコバルト膜 11 a を、例えばスパッタ法により堆積する。続いて枚葉式 RTP 装置を用いて、半導体基板 1 に熱処理を施して n チャネル MISFET Q_n のソース、ドレインを構成する n 型半導体領域 8 および p チャネル MISFET Q_p のソース、ドレインを構成する p 型半導体領域 9 の表面に、選択的に 30 nm 程度の厚さのシリサイド層 11 を形成する。

【0042】

まず、枚葉式 RTP 装置のチャンバ内に半導体基板 1 を挿入し、ステージ上に載置した後、半導体基板 1 の回転数を 100 rpm としたオープンループ制御によって半導体基板 1 を 500℃ 近くまで昇温する。半導体基板 1 の温度が約 50

0℃となった時点で、半導体基板1の回転数を240rpmとすると同時にクローズドループ制御に切り換えて、500℃の温度で所定時間の熱処理を半導体基板1に施す。その後半導体基板1を降温して、枚葉式RTP装置のチャンバ内から半導体基板1を取り出す。

【0043】

次に、図7に示すように、未反応のコバルト膜11aを除去し、次いで枚葉式RTP装置を用いて、シリサイド層11の低抵抗化のための熱処理を半導体基板1に施す。

【0044】

まず、枚葉式RTP装置のチャンバ内に半導体基板1を挿入し、半導体基板1の回転数を100rpmとしたオープンループ制御によって半導体基板1を500℃程度まで昇温する。半導体基板1の温度が約500℃となった時点で、半導体基板1の回転数を240rpmとすると同時にクローズドループ制御に切り換えて半導体基板1をさらに800℃まで昇温し、800℃の温度で所定時間の熱処理を半導体基板1に施す。その後半導体基板1を降温して、枚葉式RTP装置のチャンバ内から半導体基板1を取り出す。

【0045】

次に、図8に示すように、半導体基板1上にシリコン酸化膜12を形成した後、このシリコン酸化膜12を、例えばCMP法で研磨することにより、その表面を平坦化する。続いてレジストパターンをマスクとしたエッチングによってシリコン酸化膜12に接続孔13を形成する。この接続孔13はn型半導体領域8またはp型半導体領域9上などの必要部分に形成する。

【0046】

続いて、接続孔13の内部を含む半導体基板1の全面にチタン窒化膜を、例えばCVD法で形成し、さらに接続孔13を埋め込むタンゲステン膜を、例えばCVD法で形成した後、接続孔13以外の領域のチタン窒化膜およびタンゲステン膜をCMP法により除去して、接続孔13の内部にタンゲステン膜を主導体層とするプラグ14を形成する。

【0047】

次に、半導体基板 1 上に、例えばタングステン膜を形成した後、レジストパターンをマスクとしたエッチングによってタングステン膜を加工し、第 1 配線層の配線 15 を形成する。タングステン膜は、例えば CVD 法またはスパッタ法により形成できる。

【0048】

次に、配線 15 を覆う絶縁膜、例えばシリコン酸化膜を形成した後、その絶縁膜を、例えば CMP 法で研磨することにより、表面が平坦化された層間絶縁膜 16 を形成する。次いで、レジストパターンをマスクとしたエッチングによって層間絶縁膜 16 の所定の領域に接続孔 17 を形成する。

【0049】

続いて、接続孔 17 の内部を含む半導体基板 1 の全面にバリアメタル層を形成し、さらに接続孔 17 を埋め込む銅膜を形成する。バリアメタル層は、例えばチタン窒化膜、タンタル膜またはタンタル窒化膜などであり、例えば CVD 法またはスパッタ法で形成する。銅膜は主導体層として機能し、例えばメッキ法で形成できる。メッキ法による銅膜の形成前に、例えば CVD 法またはスパッタ法によりシード層として薄い銅膜を形成できる。その後、接続孔 17 以外の領域の銅膜およびバリアメタル層を CMP 法により除去して、接続孔 17 の内部にプラグ 18 を形成する。

【0050】

次に、半導体基板 1 上にストッパ絶縁膜 19 を形成し、さらに配線形成用の絶縁膜 20 を形成する。ストッパ絶縁膜 19 は、例えばシリコン窒化膜とし、絶縁膜 20 は、例えばシリコン酸化膜とする。レジストパターンをマスクとしたエッチングによってストッパ絶縁膜 19 および絶縁膜 20 の所定の領域に配線溝 21 を形成する。

【0051】

続いて、配線溝 21 の内部を含む半導体基板 1 の全面にバリアメタル層を形成し、さらに配線溝 21 を埋め込む銅膜を形成する。その後、配線溝 21 以外の領域の銅膜およびバリアメタル層を CMP 法により除去して、配線溝 21 の内部に銅膜を主導体層とする第 2 配線層の配線 22 を形成する。さらに上層の配線を形

成することにより、CMOS デバイスが略完成するが、その図示および説明は省略する。

【0052】

なお、本実施の形態1では、本発明をCMOS デバイスの一製造工程である熱酸化処理または熱処理に適用した場合について説明したが、ウェハ回転機構を備えた枚葉式装置を用いて半導体ウェハに熱処理を施すいかなる半導体デバイスの製造工程にも適用することができて、同様の効果が得られる。

【0053】

このように、本実施の形態1によれば、オープンループ制御を行う半導体ウェハの温度が500℃以下の昇温過程において、半導体ウェハの面内温度が不均一となり、半導体ウェハに反りが生じてても、半導体ウェハの回転数を100rpm以下と相対的に低くすることにより、半導体ウェハに作用する遠心力を小さくして、半導体ウェハのステージからの飛び出しを防ぐことができる。また半導体ウェハの温度が500℃を越える昇温過程およびメイン処理過程においては、クローズドループ制御を行い、さらに半導体ウェハの回転数を相対的に高くすることにより、ほぼ均一な半導体ウェハの面内温度を得ることができるので、半導体ウェハの反りを防ぐことができる。

【0054】

(実施の形態2)

本発明の実施の形態2である枚葉式RTP装置を用いた熱処理方法を図9および図10を用いて説明する。図9は、熱処理の過程を示す工程図、図10は、熱処理時の半導体ウェハの温度および回転数の時間変化を示すグラフ図である。

【0055】

まず、半導体ウェハを枚葉式RTP装置のチャンバ内に挿入し、ステージ上に載置した後(図9の工程201)、半導体ウェハを相対的に低い回転数、例えば100rpm以下で回転させる(図9の工程202)。次に、オープンループ制御によって半導体ウェハの温度を約500℃まで、例えば25℃/sec程度の昇温速度で昇温する(図9の工程203、図10のSTEP1)。半導体ウェハの回転数を相対的に低くすることにより、半導体ウェハに反りが生じてても半導体ウェ

ハに作用する遠心力が小さくなるので、ステージからの半導体ウエハの飛び出しを防ぐことができる。

【0056】

次に、半導体ウエハの温度が約500℃となった時点で、半導体ウエハの回転数を、例えば25rpm/sec程度の回転速度で徐々に上げると同時に（図9の工程204）、クローズドループ制御に切り換えて、半導体ウエハの温度を、例えば50℃/sec程度の昇温速度で昇温する（図9の工程205、図10のSTEP2）。回転数を徐々に上げることにより、半導体ウエハに生ずるオーバーシユートなどの過度的な変動を防ぐことができる。続いて半導体ウエハの回転数が所定の回転数、例えば240rpmに達した後、半導体ウエハに所定時間の熱処理を施す（図9の工程206、図10のSTEP3）。クローズドループ制御を採用し、さらに半導体ウエハの回転数を相対的に高くすることにより、ほぼ均一な半導体ウエハの面内温度を得ることができるので、半導体ウエハの反りを防ぐことができる。

【0057】

次に、所定の熱処理を半導体ウエハに施した後、半導体ウエハを200～300rpmの回転数で回転させたままハロゲンランプのランプパワーを切り、半導体ウエハを降温する（図9の工程207、図10のSTEP4）。半導体ウエハの温度が、例えば150～200℃程度となった時点で、半導体ウエハの回転を止めて、枚葉式RTP装置のチャンバ内から半導体ウエハを取り出す（図9の工程208）。

【0058】

このように、本実施の形態2によれば、半導体ウエハの温度が500℃を越える昇温過程において、半導体ウエハの回転数を徐々に上げることにより、半導体ウエハに生ずる過度的な変動を防ぐことができる。

【0059】

（実施の形態3）

本発明の実施の形態3である枚葉式RTP装置を用いた熱処理方法を図11および図12を用いて説明する。図11は、熱処理の過程を示す工程図、図12は

、熱処理時の半導体ウエハの温度および回転数の時間変化を示すグラフ図である。

【0060】

まず、半導体ウエハを枚葉式 RTP 装置のチャンバ内に挿入し、ステージ上に載置する（図 11 の工程 301）。その後半導体ウエハの回転数を、例えば 5 rpm/sec 程度の回転速度で徐々に上げながら（図 11 の工程 302）、オープンループ制御によって半導体ウエハの温度を約 500℃まで、例えば 25℃/sec 程度の昇温速度で昇温する（図 11 の工程 303、図 12 のSTEP1）。半導体ウエハの回転数を徐々に上げることにより、半導体ウエハに作用する遠心力がさらに小さくなるので、ステージからの半導体ウエハの飛び出しを防ぐことができる。なおオープンループ制御を行う半導体ウエハの温度が 500℃以下では、半導体ウエハの回転数は 100 rpm 以下に抑えられる。

【0061】

次に、半導体ウエハの温度が約 500℃となった時点で、半導体ウエハの回転数を 150 rpm とすると同時に（図 11 の工程 304）、クローズドループ制御に切り換えて、半導体ウエハの温度を、例えば 50℃/sec 程度の昇温速度で昇温する（図 11 の工程 305、図 12 のSTEP2）。続いて半導体ウエハに所定時間の熱処理を施す（図 11 の工程 306、図 12 のSTEP3）。クローズドループ制御を採用し、さらに半導体ウエハの回転数を相対的に高くすることにより、ほぼ均一な半導体ウエハの面内温度を得ることができるので、半導体ウエハの反りを防ぐことができる。

【0062】

次に、所定の熱処理を半導体ウエハに施した後、半導体ウエハを 200～300 rpm の回転数で回転させたままハロゲンランプのランプパワーを切り、半導体ウエハを降温する（図 11 の工程 307、図 12 のSTEP4）。半導体ウエハの温度が、例えば 150～200℃程度となった時点で、半導体ウエハの回転を止めて、枚葉式 RTP 装置のチャンバ内から半導体ウエハを取り出す（図 11 の工程 308）。

【0063】

このように、本実施の形態3によれば、半導体ウエハの温度が500℃以下の昇温過程において、半導体ウエハの回転数を徐々に上げることにより、半導体ウエハに作用する遠心力をさらに小さくできて、半導体ウエハのステージからの飛び出しを防ぐことができる。

【0064】

(実施の形態4)

本発明の実施の形態2である枚葉式RTP装置を用いた熱処理方法を図13および図14を用いて説明する。図13は、熱処理の過程を示す工程図、図14は、熱処理時の半導体ウエハの温度および回転数の時間変化を示すグラフ図である。

【0065】

まず、半導体ウエハを枚葉式RTP装置のチャンバ内に挿入し、ステージ上に載置する(図13の工程401)。その後半導体ウエハの回転数を、例えば5rpm/sec程度の回転速度で徐々に上げながら(図13の工程402)、オープンループ制御によって半導体ウエハの温度を約500℃まで、例えば25℃/sec程度の昇温速度で昇温する(図13の工程403、図14のSTEP1)。

【0066】

次に、半導体ウエハの温度が約500℃となった時点で、半導体ウエハの回転数を、例えば25rpm/sec程度の回転速度で上げると同時に(図13の工程404)、クローズドループ制御に切り換えて、半導体ウエハの温度を、例えば50℃/sec程度の昇温速度で昇温する(図13の工程405、図14のSTEP2)。続いて半導体ウエハの回転数が所定の回転数、例えば240rpmに達した後、半導体ウエハに所定時間の熱処理を施す(図13の工程406、図14のSTEP3)。クローズドループ制御を採用し、さらに半導体ウエハの回転数を相対的に高くすることにより、ほぼ均一な半導体ウエハの面内温度を得ることができるので、半導体ウエハの反りを防ぐことができる。

【0067】

次に、所定の熱処理を半導体ウエハに施した後、半導体ウエハを200～300rpmの回転数で回転させたままハロゲンランプのランプパワーを切り、半導

体ウエハを降温する（図13の工程407、図14のSTEP4）。半導体ウエハの温度が、例えば150～200℃程度となった時点で、半導体ウエハの回転を止めて、枚葉式RTP装置のチャンバ内から半導体ウエハを取り出す（図13の工程408）。

【0068】

このように、本実施の形態4によれば、半導体ウエハの温度が500℃以下の昇温過程において、半導体ウエハの回転数を徐々に上げることにより、半導体ウエハに作用する遠心力をさらに小さくできて、半導体ウエハのステージからの飛び出しを防ぐことができる。また半導体ウエハの温度が500℃を越える昇温過程において、半導体ウエハの回転数を徐々に上げることにより、半導体ウエハに生ずる過度的な変動を防ぐことができる。

【0069】

以上、本発明者によってなされた発明を発明の実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

【0070】

例えば、前記実施の形態では、ハロゲンランプを用いたランプ加熱方式の枚葉式RTP装置について説明したが、その他の加熱方式、例えばレーザー加熱方式、電子ビーム加熱方式、イオンビーム加熱方式などの枚葉式RTP装置にも適用することができて、同様の効果を得ることができる。

【0071】

【発明の効果】

本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば以下のとおりである。

【0072】

オープンループ制御を行う半導体ウエハの温度が500℃以下の昇温過程において、半導体ウエハの回転数を100rpm以下と相対的に低くすることにより、半導体ウエハに反りが生じて半導体ウエハに作用する遠心力が小さくなるので、半導体ウエハの枚葉式RTP装置のステージからの飛び出しを防ぐことがで

きて、半導体ウエハの割れを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態 1 である枚葉式 RTP 装置を用いた熱処理の過程を示す工程図である。

【図 2】

本発明の実施の形態 1 である枚葉式 RTP 装置を用いた熱処理時の半導体ウエハの温度および回転数の時間変化を示すグラフ図である。

【図 3】

(a) ~ (c) は、本発明の実施の形態 1 である枚葉式 RTP 装置を用いた熱処理の昇温過程およびメイン処理過程における半導体ウエハの反りを示す模式図である。

【図 4】

本発明の実施の形態 1 である CMOS デバイスの製造方法の一例を工程順に示す半導体基板の要部断面図である。

【図 5】

本発明の実施の形態 1 である CMOS デバイスの製造方法の一例を工程順に示す半導体基板の要部断面図である。

【図 6】

本発明の実施の形態 1 である CMOS デバイスの製造方法の一例を工程順に示す半導体基板の要部断面図である。

【図 7】

本発明の実施の形態 1 である CMOS デバイスの製造方法の一例を工程順に示す半導体基板の要部断面図である。

【図 8】

本発明の実施の形態 1 である CMOS デバイスの製造方法の一例を工程順に示す半導体基板の要部断面図である。

【図 9】

本発明の実施の形態 2 である枚葉式 RTP 装置を用いた熱処理の過程を示す工

程図である。

【図 10】

本発明の実施の形態 2 である枚葉式 RTP 装置を用いた熱処理時の半導体ウエハの温度および回転数の時間変化を示すグラフ図である。

【図 11】

本発明の実施の形態 3 である枚葉式 RTP 装置を用いた熱処理の過程を示す工程図である。

【図 12】

本発明の実施の形態 3 である枚葉式 RTP 装置を用いた熱処理時の半導体ウエハの温度および回転数の時間変化を示すグラフ図である。

【図 13】

本発明の実施の形態 4 である枚葉式 RTP 装置を用いた熱処理の過程を示す工程図である。

【図 14】

本発明の実施の形態 4 である枚葉式 RTP 装置を用いた熱処理時の半導体ウエハの温度および回転数の時間変化を示すグラフ図である。

【符号の説明】

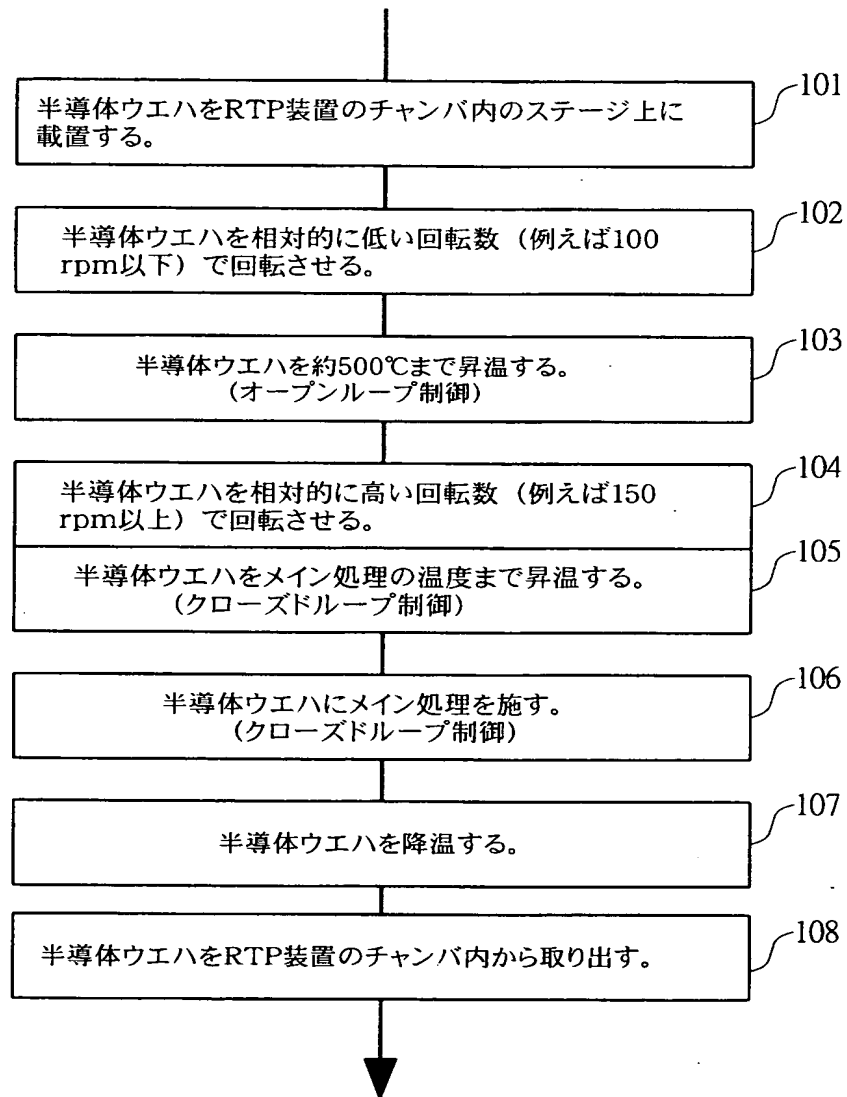
- 1 半導体基板
- 1W 半導体ウエハ
- 2 素子分離部
- 3 p ウェル
- 4 n ウェル
- 5 ゲート絶縁膜
- 6 ゲート電極
- 7 キャップ絶縁膜
- 8 n 型半導体領域
- 8 a n 型拡張領域
- 8 b n 型拡散領域
- 9 p 型半導体領域

- 9 a p 型拡張領域
- 9 b p 型拡散領域
- 1 0 サイドウォールスペーサ
- 1 1 シリサイド層
 - 1 1 a コバルト膜
- 1 2 シリコン酸化膜
- 1 3 接続孔
- 1 4 プラグ
- 1 5 配線
- 1 6 層間絶縁膜
- 1 7 接続孔
- 1 8 プラグ
- 1 9 ストップバ絶縁膜
- 2 0 絶縁膜
- 2 1 配線溝
- 2 2 配線
- 2 3 ステージ
- Q n nチャネルMISFET
- Q p pチャネルMISFET

【書類名】 図面

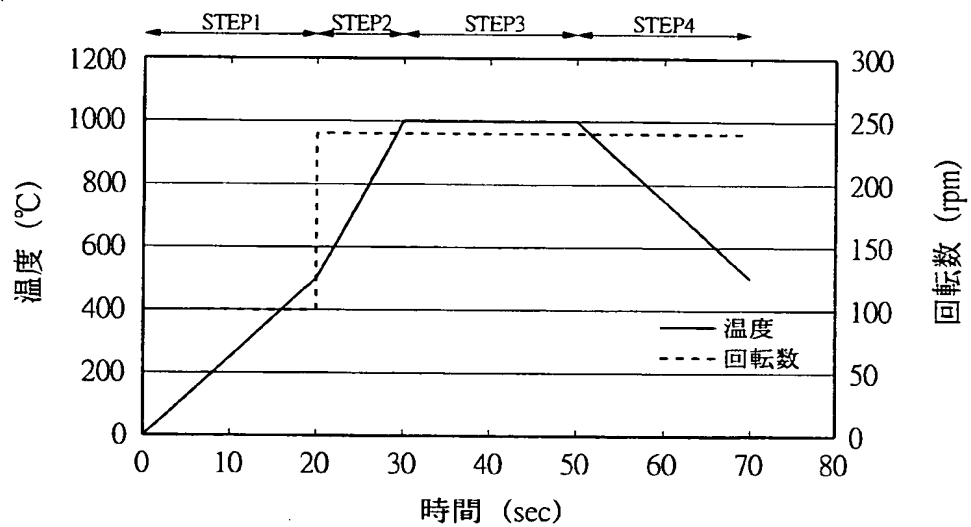
【図 1】

図 1



【図 2】

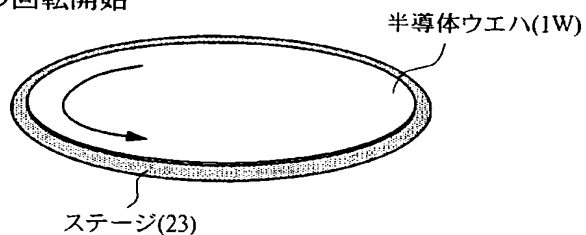
図 2



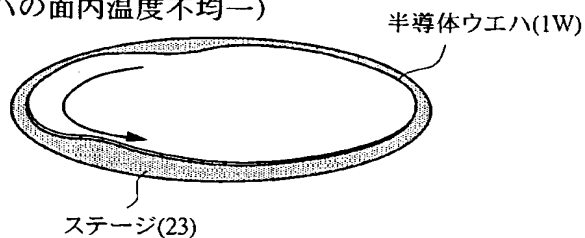
【図 3】

図 3

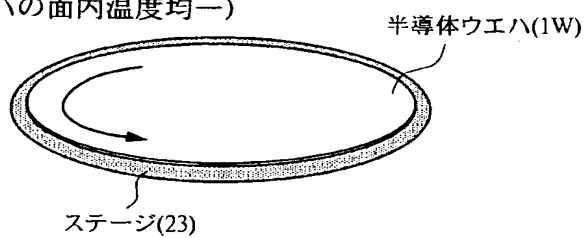
(a) 半導体ウエハの回転開始



(b) 500℃以下の昇温過程
(半導体ウエハの面内温度不均一)

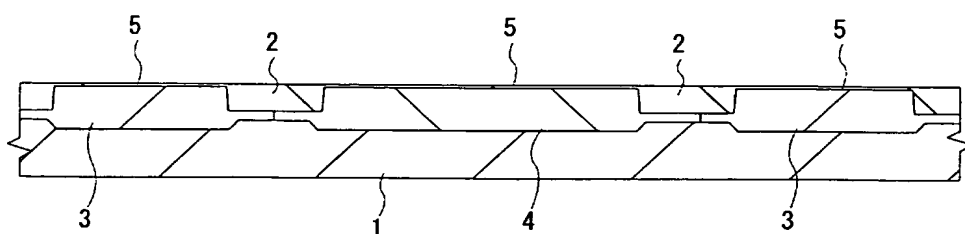


(c) 500℃を越えた昇温過程およびメイン処理過程
(半導体ウエハの面内温度均一)



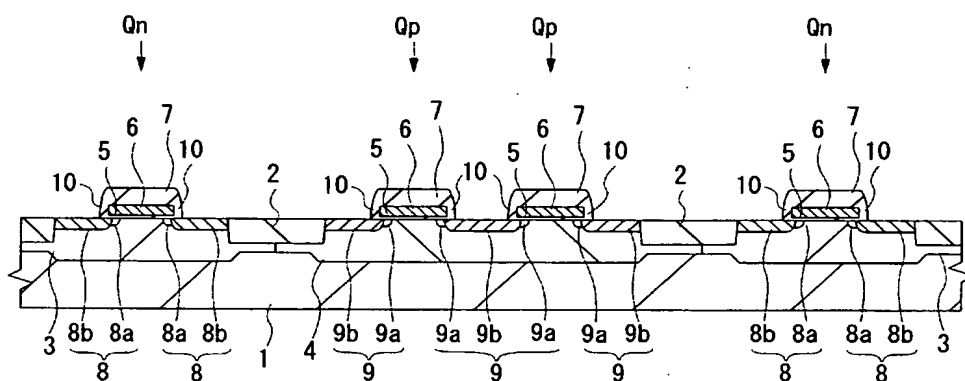
【図 4】

図 4



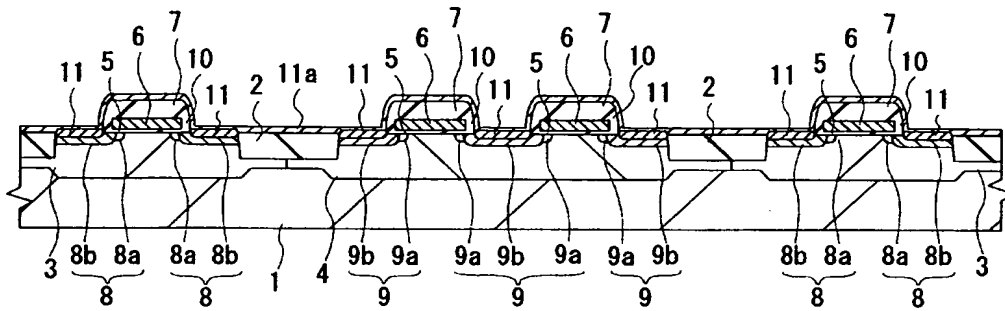
【図 5】

図 5



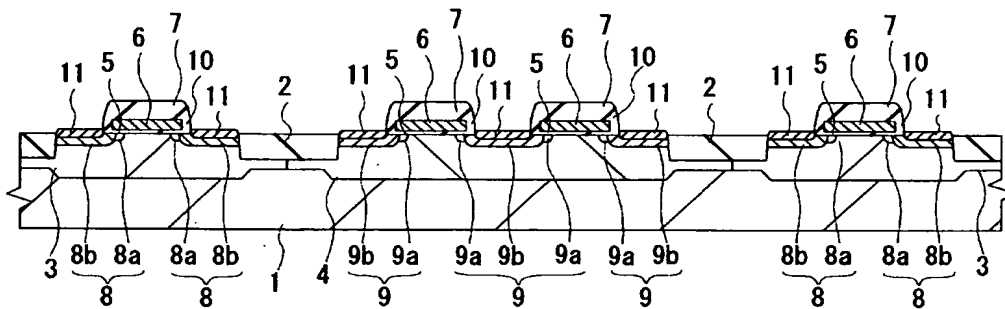
【図 6】

図 6



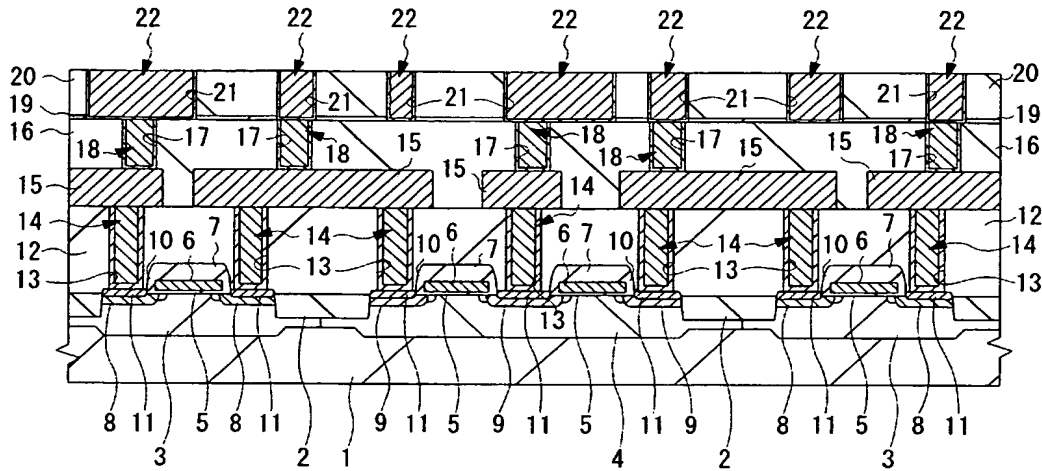
【図 7】

図 7



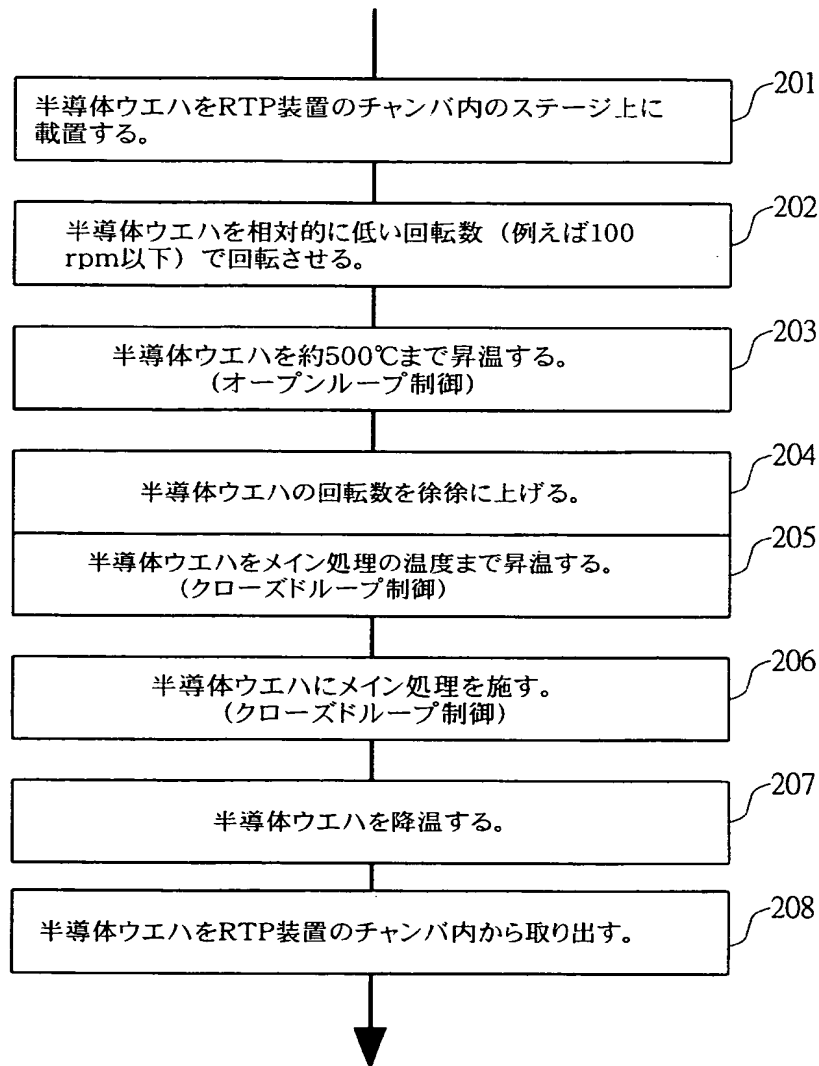
【図 8】

図 8



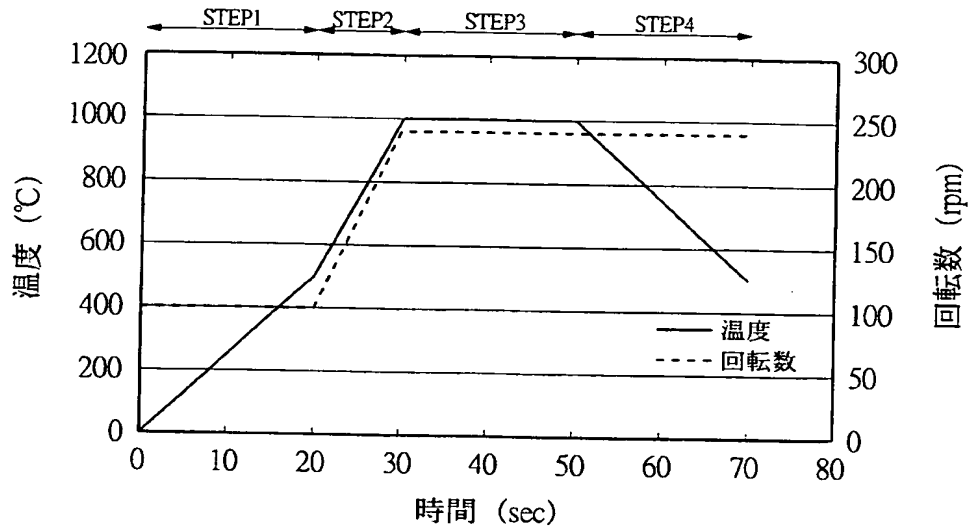
【図 9】

図 9



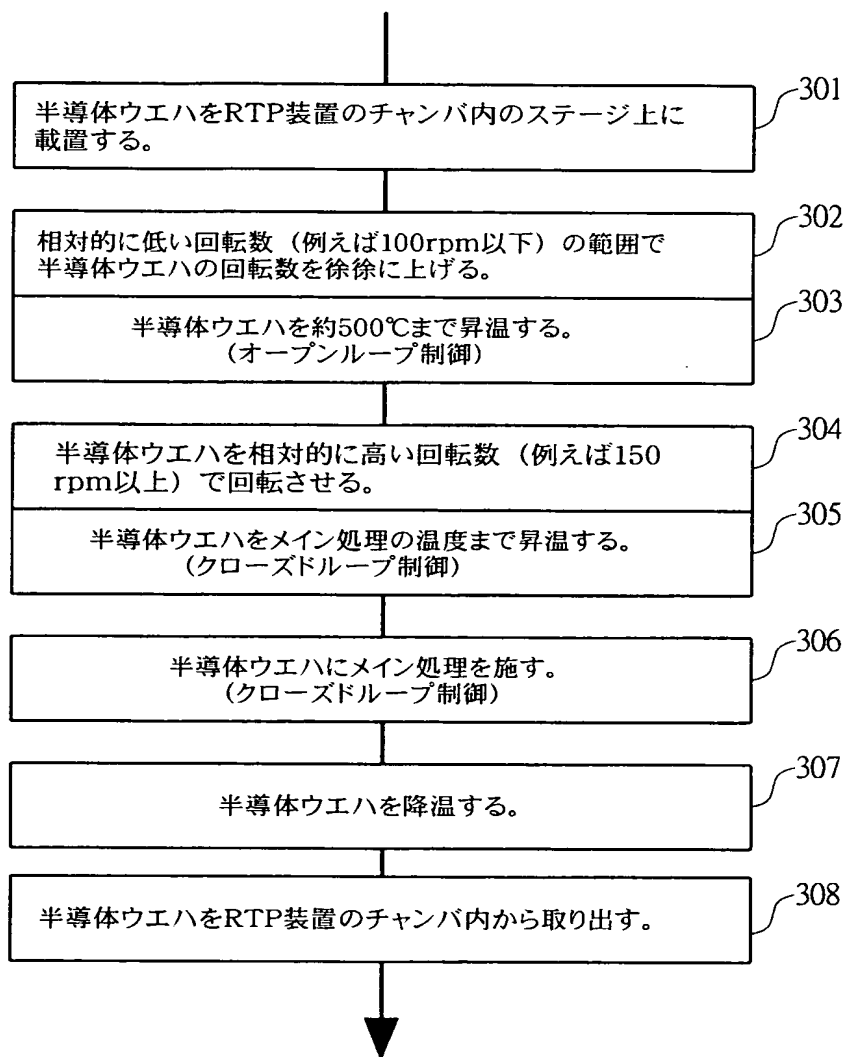
【図 10】

図 10



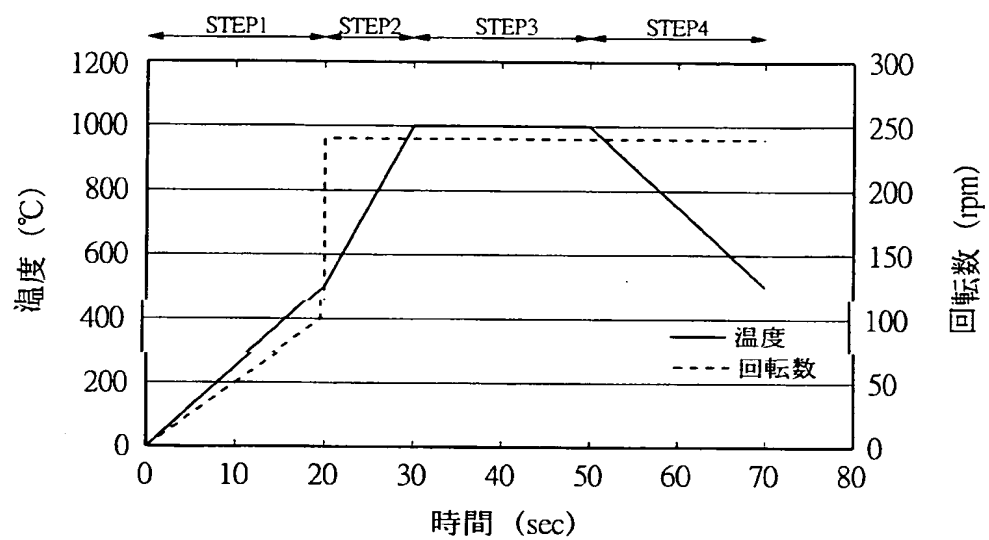
【図 11】

図 11



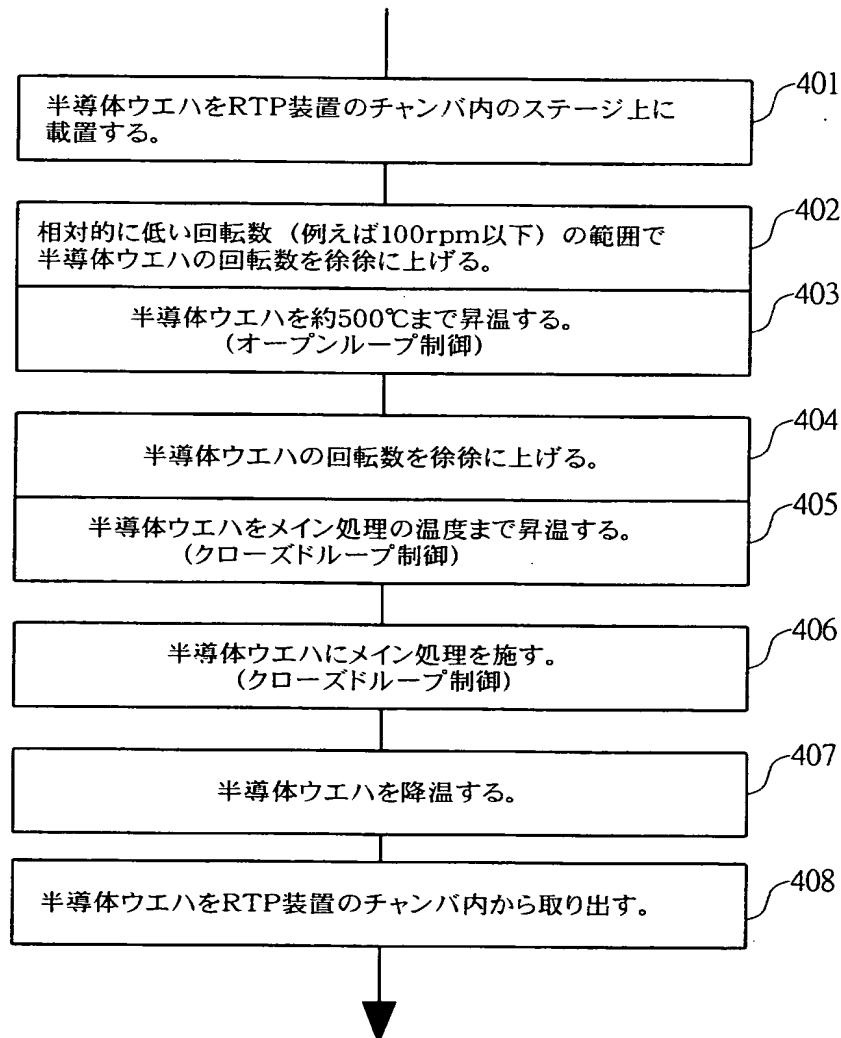
【図 12】

図 12



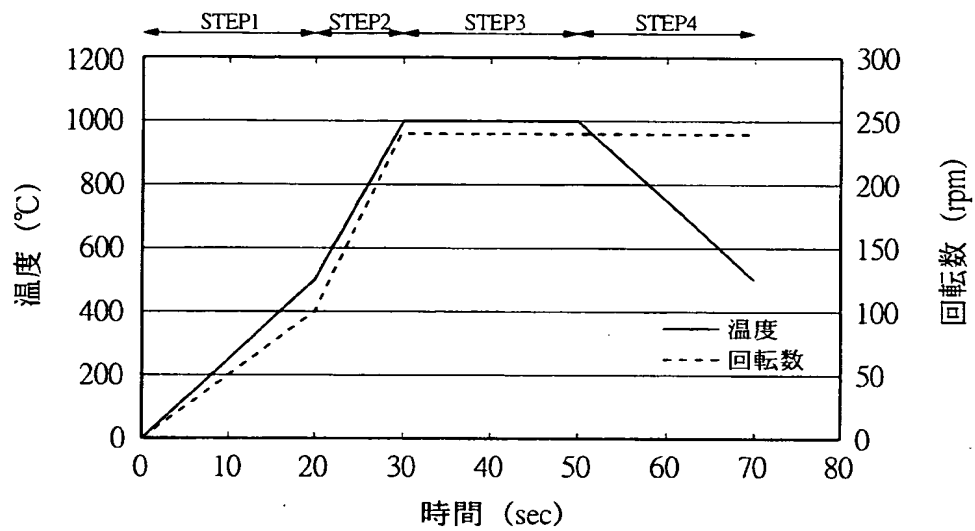
【図 13】

図 13



【図 14】

図 14



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 枚葉式 R T P 装置において半導体ウエハの割れを防止することのできる技術を提供する。

【解決手段】 半導体ウエハの温度が 5 0 0 ℃以下の昇温過程においてオープンループ制御を行い、半導体ウエハに反りが生じても、半導体ウエハの回転数を 1 0 0 r p m以下と相対的に低くすることにより、半導体ウエハに作用する遠心力を小さくして枚葉式 R T P 装置のステージからの半導体ウエハの飛び出しを防ぐ。また半導体ウエハの温度が 5 0 0 ℃を越える昇温過程およびメイン処理過程においては、クローズドループ制御を行い、さらに半導体ウエハの回転数を相対的に高くすることにより、ほぼ均一な半導体ウエハの面内温度を得て半導体ウエハの反りを防ぐ。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 0 2 3 1 5 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 0 0 4 9 5 2 5 6]

1. 変更年月日

2 0 0 0 年 1 0 月 2 5 日

[変更理由]

新規登録

住 所

茨城県ひたちなか市堀口 7 5 1 番地

氏 名

トレセンティテクノロジーズ株式会社